



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 199 63 006 A 1

21 Aktenzeichen: 199 63 006.2
22 Anmeldetag: 24. 12. 1999
43 Offenlegungstag: 28. 6. 2001

51 Int. Cl. 7:
G 01 S 13/74
G 01 S 13/60
G 01 S 7/28
G 01 S 7/35
H 04 B 7/26
G 08 G 1/00

DE 199 63 006 A 1

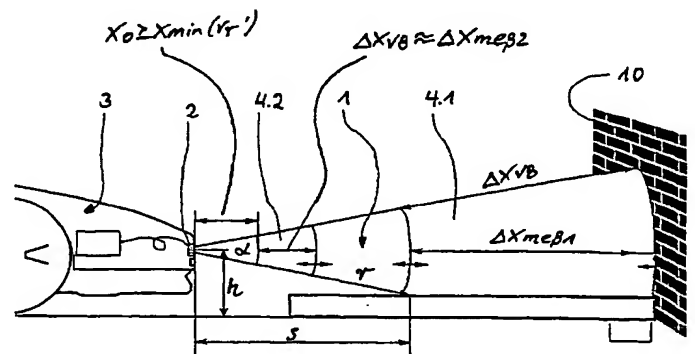
71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Brosche, Thomas, Dr., 70195 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zur Erfassung und Auswertung von Objekten im Umgebungsbereich eines Fahrzeuges

57 Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung und Auswertung von Objekten im Umgebungsbereich eines Fahrzeuges vorgeschlagen, bei dem mit mindestens einem Radarsensor (2) die Zielobjekte (5, 6; 10) in einem Überwachungsbereich (1) erfasst und in mindestens einer Auswerteeinheit die Entfernungs- und/oder Geschwindigkeitsdaten der Zielobjekte (5, 6; 10) ausgewertet werden. Die Erfassung der Zielobjekte erfolgt innerhalb einer in Entfernung vom Fahrzeug (3) und in seiner Länge (Δx_{VB}) veränderbaren virtuellen Barriere (4; 4.1, 4.2), wobei unter Ausnutzung eines Sendesignals eines Puls-Radarsensors (2) das vom Zielobjekt (5, 6; 10) reflektierte Empfangssignal in einem oder mehreren Empfangskanälen (20, 21) derart ausgewertet werden kann, dass unterschiedliche Ortsauflösungen und unterschiedliche Abmessungen hinsichtlich Entfernung und Länge (Δx_{VB}) der virtuellen Barriere (4; 4.1, 4.2) erreicht werden.



DE 199 63 006 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung und Auswertung von Objekten im Umgebungsbereich eines Fahrzeuges mit Hilfe eines Radarsensors nach dem Oberbegriff des Verfahrens- und des Vorrichtungsanspruchs.

Es ist beispielsweise aus der DE 44 42 189 A1 bekannt, dass bei einem System zur Abstandsmessung im Umgebungsbereich von Kraftfahrzeugen Sensoren mit Sende- und Empfangseinheiten zugleich zum Senden und Empfangen von Informationen verwendet werden. Unter Zuhilfenahme der Abstandsmessung können hier passive Schutzmaßnahmen für das Fahrzeug, beispielsweise bei einem Front-, Seiten- oder Heckaufprall aktiviert werden. Mit einem Austausch der erfassten Informationen kann zum Beispiel eine Beurteilung von Verkehrssituationen zur Aktivierung entsprechender Auslösesysteme durchgeführt werden.

Ist darüber hinaus für sich gesehen allgemein bekannt, dass eine Abstandsmessung mit einem sogenannten Pulsradar vorgenommen werden kann, bei dem ein Trägerpuls mit einer rechteckförmigen Umhüllung einer elektromagnetischen Schwingung, z. B. im Gigahertzbereich, ausgesendet wird. Dieser Trägerpuls wird am Zielobjekt reflektiert und aus der Zeit vom Aussenden des Impulses und dem Eintreffen der reflektierten Strahlung kann die Zielentfernung und mit Einschränkungen unter Ausnutzung des Dopplereffekts auch die Relativgeschwindigkeit des Zielobjekts leicht bestimmt werden. Ein solches Messprinzip ist beispielsweise in dem Fachbuch A. Ludloff, "Handbuch Radar und Radarsignalverarbeitung", Seiten 2-21 bis 2-44, Vieweg Verlag, 1993 beschrieben.

Der prinzipielle Aufbau eines solchen bekannten Radarsensors ist so gestaltet, dass die am jeweiligen Zielobjekt reflektierten Radarpulse über Antennen in einen Empfänger gelangen und dort mit den von der Pulserzeugung bereitgestellten zeitlich verzögerten Pulsen gemischt werden. Die Ausgangssignale der Empfänger werden nach einer Tiefpassfilterung und einer Analog/Digital-Wandlung einer Auswerteeinheit zugeführt.

Für die sichere Ansteuerung der eingangs erwähnten Inassenschutzsysteme in einem Kraftfahrzeug werden in der Regel eine Vielzahl von Radarsensoren für die einzelnen Konfliktsituationen im Umgebungsbereich des Kraftfahrzeuges benötigt. Beispielsweise ist eine Kollisionsfrüherkennung (Precrasherkennung) notwendig um eine vorzeitige Erfassung eines Objekts zu ermöglichen, welches bei einer Kollision eine Gefahr für die Fahrzeuginsassen darstellt. Hierdurch sollte es möglich sein, Schutzsysteme wie Airbag, Gurtstraffer oder Sidebag rechtzeitig zu aktivieren, um dadurch die größte Schutzwirkung zu erzielen.

Für eine sachgemäße Auslösung dieser Sicherheitssysteme im Kraftfahrzeug ist die Kenntnis der Relativgeschwindigkeit zwischen dem eigenen Kraftfahrzeug und einem oder mehreren Zielen (z. B. vorausfahrende Fahrzeuge, Hindernisse) vor und bei einer voraussichtlich zu erwartenden Kollision und der zu erwartende Zeitpunkt der Kollision von großer Bedeutung.

Mit einem eingangs erwähnten Radarsensor lassen sich in an sich bekannter Weise Verfahren durchführen, beispielsweise mit einem Puls- oder einem sog. FMCW-Radarsensor, die eine Erfassung und Auswertung der Relativgeschwindigkeit erlauben. Ein solches FMCW-Radar ist beispielsweise in der EP 0 685 930 A1 beschrieben.

Es können beispielsweise an aufeinanderfolgenden Zeitpunkten Abstandswerte gemessen und nach der Zeit abge-

leitet werden, wodurch man so die Werte für die momentane Relativgeschwindigkeit zwischen dem Ziel und dem Radarsensor erhält. Durch eine zweifache Ableitung der Abstandswerte kann man auch die Werte für die Beschleunigung relativ zum Ziel erhalten. Mit einem anderen für sich gesehen bekannten Verfahren kann die Differenzfrequenz zwischen der gesendeten Oszillatorfrequenz des Radarsensors und dem vom Ziel reflektierten und empfangenen Signal erzeugt und die sog. Dopplerfrequenz ausgewertet werden.

Aus den so gemessenen Werten kann die Zeit bis zur Kollision und auch, insbesondere bei der Verwendung mehrerer räumlich verteilter Sensoren, die zur Front des Fahrzeugs orthogonalen Komponenten von Relativgeschwindigkeit oder Beschleunigung und der Ort der Kollision berechnet werden. Mit den Momentanwerten der Beschleunigung können dann die entsprechenden Werte für den Zeitpunkt der Kollision extrapoliert werden.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang eine hohe Genauigkeit der Messung, insbesondere bei Zielen mit geringem Reflexionsquerschnitt und bei hohen Störsignalanteilen im für die jeweilige Anwendung (z. B. Auslösung der Gurtstraffer oder Umschaltung der Stufen des Airbags) auszuwertenden Geschwindigkeitsbereich. Bisherige Messverfahren gehen dabei von einer konstanten Länge des Erfassungsbereichs im Überwachungsbereich und/oder einem konstanten Abstand dieses Bereichs zum Radarsensor aus.

Vorteile der Erfindung

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung und Auswertung von Objekten im Umgebungsbereich eines Fahrzeuges mit einem Radarsensor nach der eingangs angegebenen Art ist erfindungsgemäß in vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass in einem Überwachungsbereich die Erfassung der Zielobjekte innerhalb einer in Entfernung vom Fahrzeug und in seiner Länge veränderbaren virtuellen Barriere, eines sog. "range gates", erfolgt.

Nach einer Bewertung der mit einem Radarsensor erfassten Ziele hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials werden hier der Abstand und die Geschwindigkeit sowie ggf. auch die Beschleunigung relativ zum Zielobjekt gemessen. Mit der erfindungsgemäßen adaptiven Gestaltung der Abmessungen der virtuellen Barriere wird der Messvorgang in Bezug auf die Messgenauigkeit, die Ortsauflösung und das Signal/Rausch-Verhältnis in vorteilhafter Weise optimiert.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird unter Ausnutzung eines Sendesignals eines Puls-Radarsensors das vom Zielobjekt reflektierte Empfangssignal in mindestens zwei Empfangskanälen derart ausgewertet, dass unterschiedliche Ortsauflösungen und unterschiedliche Abmessungen hinsichtlich Entfernung und Länge der virtuellen Barriere erreicht werden.

In einem ersten Empfangskanal wird das Empfangssignal zur Erfassung der Entfernung der Zielobjekte mit einem Referenzsignal mit fest eingestellter Pulsdauer τ_r entsprechend dem Sendesignal verarbeitet. In einem zweiten Empfangskanal wird in vorteilhafter Weise das Empfangssignal mit einem Referenzsignal mit veränderlicher Pulsdauer τ_r entweder zur Messung der Entfernung bei veränderlicher Ortsauflösung oder zur Einstellung der Länge Δx_{VB} der virtuellen Barriere verarbeitet.

Besonders vorteilhaft lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren ausführen, wenn die im Unteranspruch 4 angegebenen Verfahrensschritte a) bis d) ausgeführt werden, die anhand der Fig. 3 der Zeichnung bei der Erläuterung des Ausführungsbeispiels auch in ihren mathematischen Zusammenhängen beschrieben sind. Weiterhin lässt sich das

erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft weiterbilden, wenn auch die Merkmale der auf den Unteranspruch 4 zurückbezogenen Unteransprüche ausgeführt werden.

Eine besonders vorteilhafte Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist im Vorrichtungsanspruch 8 und den darauf zurückbezogenen weiteren Vorrichtungsansprüchen angegeben, bei der ein Puls-Radarsensor mit insbesondere einem ersten Empfangskanal zur Entfernungsmessung und einem zweiten Empfangskanal zur Einstellung der virtuellen Barriere im zuvor beschriebenen Sinne aufgebaut ist.

Die gemäß der Erfindung mögliche adaptive Einstellung der Länge $\Delta x_{VB} \approx \Delta x_{mess}$ der virtuellen Barriere erlaubt auf einfache Weise eine Optimierung des Wertes für Δx_{mess} in bezug auf die Meßgenauigkeit, die Ortsauflösung und das Signal/Rausch-Verhältnis. Es werden, bei hoher Relativgeschwindigkeit zum Fahrzeug, Zielobjekte mit geringerem Reflexionsquerschnitt erkannt, da in diesem Fall ein größerer Wert für die Länge der virtuellen Barriere verwendet wird.

Die Einstellung eines möglichst geringen Abstandes der virtuellen Barriere zum Radarsensor mit einem möglichst geringem Wert für die Länge Δx_{VB} besitzt gegenüber größeren Werten für den Abstand folgende Vorteile:

- Bewegen sich das Fahrzeug und das Zielobjekt aneinander vorbei, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Zielobjekt mit einer hohen Relativgeschwindigkeit durch die virtuellen Barriere bewegt, geringer; Fehlauflösungen bzw. Fehlmessungen werden dadurch weniger wahrscheinlich.
- Das Signal/Rausch-Verhältnis ist bei einem geringem Abstand des Zielobjekts zum Radarsensor größer und erlaubt auch die Detektion bzw. Messung von Zielobjekten mit geringerem Reflexionsquerschnitt.
- Weiterhin ist es auch vorteilhaft, dass niedrige Zielobjekte, die nicht erkannt werden sollen, wie z. B. Bordsteinkanten, vom Radarsensor in Abhängigkeit von ihrer Höhe bei geringeren Werten für Δx_{VB} oder Δx_{mess} , der Einbauhöhe des Radarsensors und dem horizontalen Öffnungswinkel der Radarsendeantenne bzw. der Empfangsantenne nicht erfasst werden.

Der Zeitpunkt der Messung kann beim erfindungsgemäßen Verfahren in vorteilhafter Weise relativ zum Zeitpunkt der zu erwartenden Kollision des Fahrzeugs mit dem Zielobjekt entsprechend den Erfordernissen der Anwendungen gewählt werden.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ein erfindungsgemäßes Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung und Auswertung von Objekten im Umgebungsbereich eines Fahrzeuges wird anhand der Ausführungsbeispiele in der Zeichnung erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Skizze eines Überwachungsbereichs eines Radarsensors im Frontbereich eines Fahrzeugs mit einer virtuellen Barriere für die Erfassung und Auswertung eines Ziel-

objekts;

Fig. 2 eine Skizze eines Überwachungsbereichs mehrerer Radarsensoren an einem Fahrzeug mit einer virtuellen Barriere entsprechend der Fig. 1;

Fig. 3 eine Skizze des Überwachungsbereichs nach den vorhergehenden Figuren im seitlichen Schnitt und

Fig. 4 ein Blockschaltbild eines Puls-Radarsensors mit dem die adaptive Einstellung der virtuellen Barriere durchführbar ist.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Fig. 1 ist skizzenhaft ein Überwachungsbereich 1 eines Radarsensors 2 im Frontbereich eines Fahrzeugs 3 gezeigt, der mit einer virtuellen Barriere 4 versehen ist, die anhand der nachfolgenden Figuren noch näher erläutert wird. Der Radarsensor 2 ist zur Erfassung und Auswertung von hier nur beispielhaft angegebenen Zielobjekten 5 und 6 im Überwachungsbereich 1 hinsichtlich ihres Abstandes zum Fahrzeug 3 und insbesondere auch hinsichtlich ihrer Relativgeschwindigkeit v_{rel} bzw. v'_{rel} zum Fahrzeug 3 vorhanden.

Nach der erfindungsgemäßen Ausführung des vorgeschlagenen Verfahrens zur Auswertung des Überwachungsbereiches 1 wird eine adaptiv, in der mit einem Pfeil angegebenen Richtung, steuerbare virtuelle Barriere 4 eingerichtet, die mit einem geeigneten Abstand zum Radarsensor 2 versehen ist und in der der zu messende Abstandsbereich x_{mess} erfasst werden kann. Die virtuelle Barriere 4 stellt hier einen Teilbereich des Überwachungsbereichs 1 dar und kann schon mit Hilfe eines einzelnen Radarsensors 2 mit dem horizontalen Öffnungswinkel β realisiert werden.

In Abänderung zu der Skizze nach der Fig. 1 sind in Fig. 2 eine Mehrzahl von Radarsensoren 2.1, 2.2, 2.3 und 2.4 im Frontbereich des Fahrzeugs 3 und auch seitlich angeordnet. Hierbei ist zu erkennen, dass insbesondere das Zielobjekt 6 vom Radarsensor 2.2 mit einer Relativgeschwindigkeit $v'_{rel/b}$ und vom Radarsensor 2.3 mit einer Relativgeschwindigkeit $v'_{rel/a}$ erfasst wird. Zur Front des Fahrzeugs 3 ergibt sich damit eine orthogonale Relativgeschwindigkeit v'_{orth} .

Anhand der Skizze nach Fig. 3 ist in einer seitlichen Darstellung des Überwachungsbereichs 1 gezeigt, dass die adaptiv steuerbare virtuelle Barriere 4 so eingerichtet werden kann, dass sie für bestimmte Situationen mit einem geeigneten Abstand zum Radarsensor 2 und mit einer geeigneten Länge x_{mess} versehen wird. Beispielsweise ist hier eine virtuelle Barriere 4.1 für eine hohe Geschwindigkeit im weiter entfernten Bereich zur Messung des Abstandes innerhalb Δx_{mess1} und eine virtuelle Barriere 4.2 für eine relativ geringe Geschwindigkeit im Nahbereich zur Messung des Abstandes innerhalb Δx_{mess2} gezeigt.

Die Bestimmung der räumlichen Abmessungen der virtuellen Barrieren 4.1 oder 4.2 und der Ablauf der Messvorgänge für den Abstand und die Geschwindigkeiten können dabei in folgenden Verfahrensschritten vorgenommen werden:

a) Im Überwachungsbereich 1 werden zunächst bei vorhandenen Zielobjekten (hier z. B. die Wand 10) Abstandsmessungen durchgeführt. Aus den Werten für die Zielabstände werden die Relativgeschwindigkeit v'_{rel} und ggf. die Beschleunigung a'_{rel} des Fahrzeugs 3 relativ zum jeweiligen Zielobjekt ermittelt.

b) Anschließend wird ein Zeitintervall t_0 festgelegt, das notwendig ist, um eine Signalverarbeitung anhand der Messwerte, eine Datenübertragung und eine Steuerung der betreffenden Anwendungen im Kraftfahrzeug (z. B. das Umschalten der Sicherheitsstufen im Airbag, das Auslösen der Gurtstraffer etc.) zu realisieren. Das

Zeitintervall t_0 kann dabei auch als eine Funktion der Relativgeschwindigkeit v_{rel} und/oder der Beschleunigung a_{rel} festgelegt werden.

c) Ausgehend von dem bisher ermittelten Werten kann nun der minimal notwendige Abstand x_{min} der virtuellen Barriere 4.1 oder 4.2 zum Radarsensor 2 nach folgender Beziehung ermittelt werden:

$$x_{min} = v_{rel} \cdot t_0 + a_{rel} \cdot t_0^2 / 2 \quad (1).$$

Die Entfernung X_0 der virtuellen Barriere 4.1 oder 4.2 zum Radarsensor 2 wird hier so gewählt, dass diese den Wert von x_{min} nicht unterschreitet.

d) Bei einer Annäherung des Zielobjekts 10 wird der momentane Zielabstand mit dem Wert der Summe $x_{min} + \Delta x_{mess}$ verglichen. Ist der momentane Abstand zum Ziel 10 kleiner als $x_{min} + \Delta x_{mess}$, dann erfolgt hier eine Geschwindigkeitserfassung durch eine Messung der Dopplerfrequenz f_d innerhalb der virtuellen Barriere 4.1 bzw. 4.2 mit einer Meßzeit t_{mess} . Die Länge Δx_{VB} der virtuellen Barriere 4.1 bzw. 4.2 wird dann dem Wert aus der folgenden Beziehung angenähert:

$$\Delta x_{VB} \approx \Delta x_{mess} = v_{rel} \cdot t_{mess} + a_{rel} \cdot t_{mess}^2 / 2 \quad (2).$$

Die Meßzeit t_{mess} kann dabei auch eine Funktion der Relativgeschwindigkeit v_{rel} und/oder der Beschleunigung a_{rel} sein.

e) Die Ermittlung der Relativgeschwindigkeit mit Hilfe der Dopplerfrequenz f_d geht von der bekannten Beziehung

$$f_d = f_0 \cdot 2 \cdot v_{rel} / (c - v_{rel}) \quad (3) \text{ aus.}$$

Hierbei sind:

c = die Lichtgeschwindigkeit im betreffenden Medium, f_0 = die Oszillatorfrequenz und

v_{rel} = die Relativgeschwindigkeit zwischen Sensor und Zielobjekt.

Daraus abgeleitet kann die Relativgeschwindigkeit nach folgender Formel berechnet werden:

$$v_{rel} = f_d \cdot c / (f_d + 2 \cdot f_0) \quad (4).$$

f) Insbesondere wenn bei den vorausgegangenen Berechnungen sich ergibt, dass $v_{rel} \neq v'_{rel}$ (vgl. Zielobjekte 5 und 6 aus der Fig. 1) ist, so können die Schritte c) bis e) mit entsprechend v_{rel} angepassten Werten für den Abstandsbereich $\Delta x_{VB} \approx \Delta x_{mess}$ und für x_{min} wiederholt werden. Somit kann man einen zweiten auf der Messung der Dopplerfrequenz f_d basierenden Wert für die Relativgeschwindigkeit v_{rel2} gewinnen, der gegebenenfalls anstelle des ersten Meßwertes v_{rel1} verwendet wird. Aus den beiden Werten für die Relativgeschwindigkeit kann dann auch gegebenenfalls die Beschleunigung a_{rel} berechnet werden. Auch eine Erweiterung des Verfahrens mit n-facher Wiederholung der Schritte a) bis e) und nachfolgender Auswertung der Messwerte v_{rel1} bis v_{reln} ist hier möglich.

g) Wenn nun die Relativbeschleunigungen a_{rel} oder a'_{rel} gemessen worden sind, so kann man die Geschwindigkeit v_c für den Zeitpunkt der Kollision mit

$$v_c = v_{rel} + a_{rel} \cdot t_{mess} \quad (5)$$

oder

$$v_c = v_{rel} + a'_{rel} \cdot t_{mess} \quad (6)$$

genauer berechnen. Im anderen Fall gilt auch hier

$$v_c = v_{rel}.$$

Alternativ zum Verfahrensschritt a) kann die Ermittlung der Relativgeschwindigkeit v'_{rel} und ggf. a'_{rel} auch durch eine zyklische Überwachung einer virtuellen Barriere 4.1 bzw. 4.2 erfolgen, die anhand der folgenden Beziehungen (1) und (2) mit den Werten

$$x_{min} = v'_{rel \max} \cdot t_0 + a'_{rel \max} \cdot t_0^2 / 2 \quad (1.1)$$

und

$$\Delta x_{VB} \approx \Delta x_{mess} = v'_{rel \max} \cdot t_{mess} + a'_{rel \max} \cdot t_{mess}^2 / 2 \quad (2.1)$$

erfolgt.

Hierbei sind die Werte $v'_{rel \max}$ und $a'_{rel \max}$ Maximalwerte, d. h. sog. Messbereichsendwerte für die relative Geschwindigkeit und die relative Beschleunigung zwischen Fahrzeug 3 und Zielobjekt 10. Wird ein Zielobjekt 10 innerhalb dieser virtuellen Barriere erkannt, dann erfolgt der weitere Ablauf des Messverfahrens entsprechend der Punkte b) bis g), d. h. es erfolgt eine weitere Messung innerhalb einer neu dimensionierten virtuellen Barriere 4.1 oder 4.2.

Bei einer Vergrößerung des Wertes für Δx_{mess} ist eine genauere Messung der Relativgeschwindigkeit und Beschleunigung bei einem größerem Signal/Rausch-Verhältnis, insbesondere an Zielen mit hoher Geschwindigkeit und geringem Reflexionsquerschnitt, durchführbar. Ein möglichst kleiner Wert für Δx_{mess} ist jedoch notwendig, um eine möglichst hohe Ortsauflösung zu erhalten. Der Wert für Δx_{mess} ist folglich ein Kompromiss aus unterschiedlichen eventuell auch gegensätzlichen Anforderungen.

Ein Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung zum Aufbau eines Radarsensors 2, mit dem ein adaptives Messverfahren mit den zuvor beschriebenen Verfahrensschritten durchführbar ist, wird anhand des Blockschaltbildes nach Fig. 4 erläutert. Obwohl anhand des im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiels von einem Pulsradar ausgegangen wird, ist das erfindungsgemäße Verfahren auch in adäquater Weise mit einem FMCW-Radar durchführbar.

Generell erfolgt die Änderung der Länge der virtuellen Barriere 4, 4.1 oder 4.2 bei einem Pulsradar z. B. durch eine Änderung der Pulsdauer oder Burstdauer des gesendeten Signals und/oder der Pulsdauer des zur Kreuzkorrelation (Mischung) mit dem empfangenen Signal verwendeten Referenzsignals. Die Lage der virtuellen Barriere 4, bzw. 4.1 oder 4.2, ist dagegen beim Pulsradar durch die zeitliche Verzögerung des Referenzsignals gegenüber dem gesendeten Signal einstellbar.

Es sind beim Blockschaltbild nach der Fig. 4 zwei Empfangskanäle 20 und 21 mit einer Antenne 22, bzw. auch mit einer zweiten nicht dargestellten Antenne für den Kanal 21, vorhanden. Es ist ein Pulsgenerator 23 angeordnet, der den Trägerpuls für das Radarsignal liefert, das von einem Oszillator als Radarsender 24 erzeugt wird.

In einem Zweig für den ersten Empfangskanal 20 ist eine erste Pulsdauereinstellung 25 für die Pulsdauer 25 vorhanden, mit der auch das vom Radarsender 24 gesendete Signal beaufschlagt wird. Das so eingestellte Pulssignal am Ausgang der Pulsdauereinstellung 25 wird über eine Verzögerung 26 als Referenzsignal für die Entfernungsmessung der Zielobjekte 5, 6 oder 10 auf einen Pulseingang 27 des ersten Empfangskanals 20 geführt. Die Pulsdauer τ_s im ersten Empfangskanal 20 wird damit konstant eingestellt und entspricht der Pulsdauer des Signals des Radarsenders 24. Dadurch erhält man ein Maximum für das Signal/Rausch-Verhältnis (S/N), wodurch dieser Empfangskanal 20 für die Entfernungsmessung mit hoher Ortsauflösung verwendet

wird.

In einem zweiten Zweig hinter dem Pulsgenerator 23 ist eine kontinuierlich oder diskret veränderbare Pulsdaureinstellung 28 für die Pulsdauer τ_R und daran anschließend auch eine Verzögerung 29 vorhanden, wobei dieses Pulssignal als Referenzsignal für die Einstellung der Länge und Lage der virtuellen Barriere 4, 4.1 oder 4.2 auf einen Pulseingang 30 des zweiten Empfangskanals 21 geführt ist. Im zweiten Empfangskanal 21 ist damit mit der Pulsdaureinstellung 28 die Pulsdauer τ_R des Referenzsignals verstellbar, wodurch dieser Kanal 21 auch zur Messung der Relativgeschwindigkeit zwischen dem Fahrzeug 3 und den Zielobjekten 5, 6 oder 10 innerhalb einer adaptiv veränderbaren virtuellen Barriere 4, 4.1, 4.2 dient.

Beide Empfangskanäle 20 und 21 gestatten somit auch eine voneinander unabhängige Einstellung der Verzögerung für den jeweiligen Puls des Referenzsignals an den Eingängen 27 und 30 der beiden Empfangskanäle 20 und 21. Die unterschiedlichen Werte für τ_R und τ_S bewirken im zweiten Empfangskanal 21 eine Verringerung des Signal/Rausch-Verhältnisses S/N, was insbesondere für eine Messung der Relativgeschwindigkeit im Nahbereich (virtuelle Barriere 4.2 nach der Fig. 3) toleriert werden kann.

Die Demodulation der Pulsradar-Signale in den Empfangskanälen 20 und 21 erfolgt hier mit, für sich gesehen aus dem Stand der Technik bekannten Mischertechniken, mit denen ein sog. I- und Q-Signal eines I/Q-Mischers (= Inphase-Quadrat-Mischer) zur weiteren Verarbeitung erzeugt wird. Jeder Empfangskanal 20 oder 21 kann dabei beide Signale (I und Q) oder nur ein Signal (I oder Q) enthalten. Für eine Kreuzkorrelation im Mischer des Empfangskanals 21 wird, wie zuvor erwähnt, die Pulsdauer τ_R verwendet. Die Länge Δx_{VB} der virtuellen Barriere 4, 4.1, 4.2 errechnet sich damit zu

$$\Delta x_{VB} = (\tau_R + \tau_S)c/2 \quad (7).$$

Diese Länge Δx_{VB} wird erfindungsgemäß durch eine entsprechende Veränderung der Pulsdauer τ_R des Referenzsignals am Eingang 30 des zweiten Empfangskanals 21 eingestellt. Da τ_S konstant ist, wird die Messung im ersten Empfangskanal 20 nicht beeinflusst.

Die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele können insbesondere hinsichtlich der Anzahl der Empfangskanäle oder -zweige und der gemeinsam oder separat verwendeten Empfängerbausteine verändert werden ohne die erfindungsgemäße Funktion im wesentlichen zu verändern. Ein von den dargestellten Ausführungsbeispielen abweichende Kombination von sequentieller und paralleler Auswertung von Entfernung und Geschwindigkeit in einem oder mehreren Empfangskanälen ist ebenfalls möglich.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erfassung und Auswertung von Objekten im Umgebungsbereich eines Fahrzeugs (3), bei dem
 - mit mindestens einem Radarsensor (2) die Zielobjekte (5, 6; 10) in einem Überwachungsbereich (1) erfasst und in mindestens einer Auswerteeinheit die Entfernungs- und/oder Geschwindigkeitsdaten der Zielobjekte (5, 6; 10) ausgewertet werden, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Erfassung der Geschwindigkeit der Zielobjekte innerhalb einer in der Entfernung (x_0) vom Fahrzeug (3) und in seiner Länge (Δx_{VB}) veränderbaren virtuellen Barriere (4; 4.1, 4.2) erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

net, dass

- unter Ausnutzung eines Sendesignals eines Puls-Radarsensors (2) das vom Zielobjekt (5, 6; 10) reflektierte Empfangssignal in einem oder mehreren Empfangskanälen (20, 21) derart ausgewertet wird, dass unterschiedliche Ortsauflösungen und unterschiedliche Abmessungen hinsichtlich Entfernung (x_0) und Länge (Δx_{VB}) der virtuellen Barriere (4; 4.1, 4.2) erreicht werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- in einem ersten Empfangskanal (20) das Empfangssignal mit einem Referenzsignal mit fest eingestellter Pulsdauer (τ_S) entsprechend dem Sendesignal zur Erfassung der Entfernung der Zielobjekte (5, 6; 10) oder zur Einstellung der Entfernung (x_0) der virtuellen Barriere (4; 4.1, 4.2) verarbeitet wird und dass

- in einem zweiten Empfangskanal (21) das Empfangssignal mit einem Referenzsignal mit veränderlicher Pulsdauer (τ_R) zur Einstellung der Länge (Δx_{VB}) der virtuellen Barriere (4; 4.1, 4.2) oder zur Erfassung der Zielobjekte (5, 6; 10) mit veränderter Ortsauflösung oder in einem anderen Entfernungsbereich verarbeitet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- a) im Überwachungsbereich (1) werden eine Erfassung des Abstands und der Relativgeschwindigkeit (v_{rel}) und ggf. der Beschleunigung (a_{rel}) des Fahrzeugs (3) relativ zum jeweiligen Zielobjekt (5, 6; 10) vorgenommen,
- b) es wird ein Zeitintervall (t_0) zur Messwertverarbeitung, Datenübertragung und Steuerung der betreffenden Anwendung vorgegeben,
- c) es werden der notwendige Abstand (x_{min}) der virtuellen Barriere (4; 4.1, 4.2) zum Radarsensor (2) und die Länge des Messbereichs (x_{mess}) ermittelt, wobei die Entfernung (x_0) der virtuellen Barriere (4; 4.1, 4.2) zum Radarsensor (2) so gewählt wird, dass diese den minimalen Wert (x_{min}) nicht unterschreitet,
- d) wenn der momentane Zielabstand des Zielobjekts (5, 6; 10) kleiner als die Summe ($x_{min} + \Delta x_{mess}$) ist, erfolgt hier eine Geschwindigkeits- und Beschleunigungserfassung (v_{rel} , v'_{rel} , a_{rel} , a'_{rel}) durch eine Messung der Dopplerfrequenz (f_d) innerhalb der virtuellen Barriere (4; 4.1, 4.2) mit einer Meßzeit (t_{mess}).

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Zeitintervall (t_0) als eine Funktion der Relativgeschwindigkeit (v'_{rel}) und/oder der Beschleunigung (a'_{rel}) festgelegt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Schritte c) und d) mit jeweils neu berechneten Werten für die Länge der virtuellen Barriere (Δx_{VB}) und für den minimalen Abstand (x_{min}) zur Erfassung mehrere Abstands- und Geschwindigkeitsbereichen mehrfach wiederholt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass

- in dem Fall, wenn bei den vorausgegangenen Berechnungen sich ergibt, dass die erste Messung der Geschwindigkeit (v_{rel}) eines Zielobjekts (5) kleiner ist als die zweite Messung der Geschwin-

digkeit (v'_{rel}) des gleichen anderen Zielobjekts die Schritte c) und d) nach dem Anspruch 4 mit geringeren Werten für den Abstandsbereich ($\Delta x_{VB} \approx \Delta x_{mess}$) und für den minimalen Abstand (x_{min}) wiederholt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 4, 5, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass

– aus den Relativbeschleunigungen (a_{rel} , a'_{rel}) zwischen den Zielobjekten (5, 6; 10) und dem Fahrzeug (3) die Geschwindigkeit (v_c) für den Zeitpunkt einer Kollision nach der Beziehung

$$v_c = v_{rel} + a_{rel} \cdot t_{mess} \text{ bzw. } v_c = v_{rel} + a'_{rel} \cdot t_{mess}$$

berechnet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:

– die Messung der Entfernung der im Überwachungsbereich vorhandenen Zielobjekte (5, 6; 10) wird in einem oder mehreren Empfangskanälen durchgeführt,
– es werden die für eine Anwendung relevanten Zielobjekte (5, 6; 10) ausgewählt,
– die Relativgeschwindigkeit der ausgewählten Zielobjekte (5, 6; 10) wird durch Auswertung der Dopplerfrequenz innerhalb der jeweiligen virtuellen Barriere (4; 4.1, 4.2) in einem oder mehreren Empfangskanälen gleichzeitig zu weiteren Entfernungsmessungen in den dafür verwendeten Empfangskanälen durchgeführt.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

– ein Puls-Radarsensor (2) einen ersten Empfangskanal (20), vorzugsweise zur Entfernungsmessung, und weitere Empfangskanäle (21), vorzugsweise zur Einstellung der virtuellen Barriere (4; 4.1, 4.2) oder ebenfalls zur Entfernungsmessung, sowie einen Pulsgenerator (23) zur Erzeugung von modulierten Trägerpulsen für das Signal eines Radarsenders (24) und die Demodulation in den Empfangskanälen (20, 21) aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass

– für den ersten Empfangskanal (20) eine erste Pulsdauereinstellung (25) für die Pulsdauer (τ_s) vorhanden ist, mit der auch das Signal des Radarsenders (24) beaufschlagt wird und über eine Verzögerung (26) als Referenzsignal, vorzugsweise für die Entfernungsmessung, auf einen Pulseingang (27) des ersten Empfangskanals (20) geführt ist und dass
– für den zweiten Empfangskanal (21) eine kontinuierlich oder direkt veränderbare Einstellung (28) für die Pulsdauer (τ_R) und eine Verzögerung (29) vorhanden ist, wobei dieses Pulssignal, vorzugsweise als Referenzsignal, für die Einstellung der Länge und des Abstandes der virtuellen Barriere (4; 4.1, 4.2) oder die Entfernungsmessung mit einer veränderlichen Ortsauflösung auf einen Pulseingang (30) des zweiten Empfangskanals (21) geführt ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass

– der Mischer zur Mischung Sendesignals und des von der Empfangsantenne (22) gelieferten Signals im jeweiligen Empfangskanal (20, 21) ein

I/Q-Mischer ist.

13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass

– der Radarsensor (2) ein FMCW-Radar enthält, das mit einem oder mehreren Empfangskanälen ausgestattet ist.

14. Verfahren oder Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

– die Auswertung des empfangenen Radarsignals in einem oder mehreren Empfangskanälen durch eine Kombination zeitlich sequentieller und/oder zeitlich paralleler Auswertung in den Empfangskanälen ausgeführt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

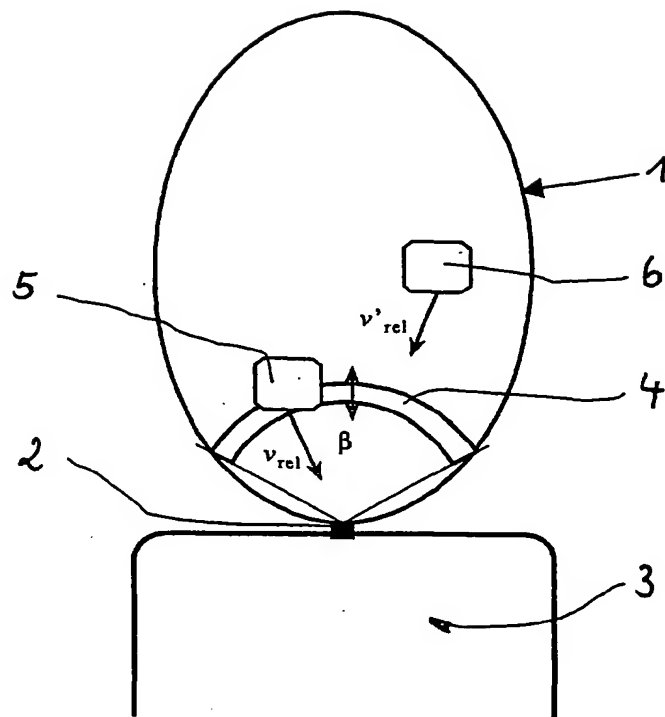


Fig.1

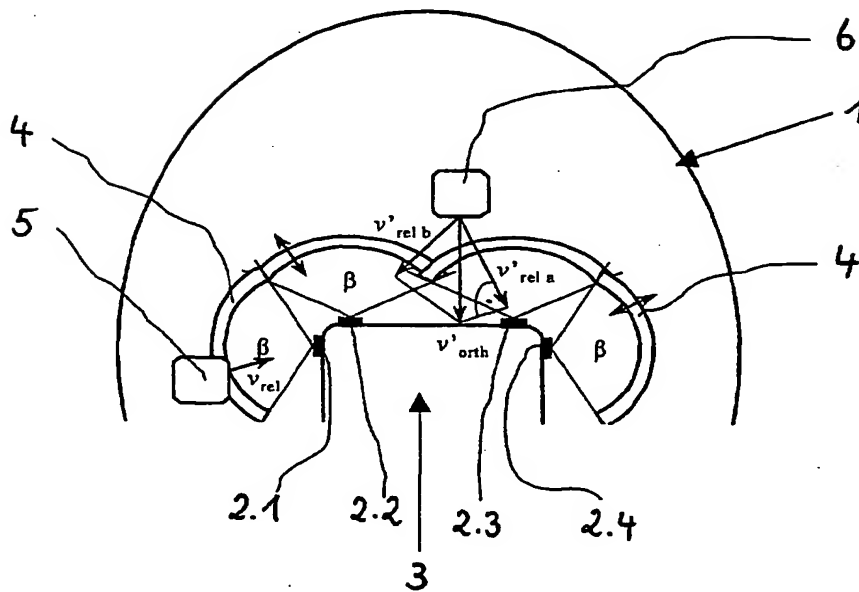


Fig.2

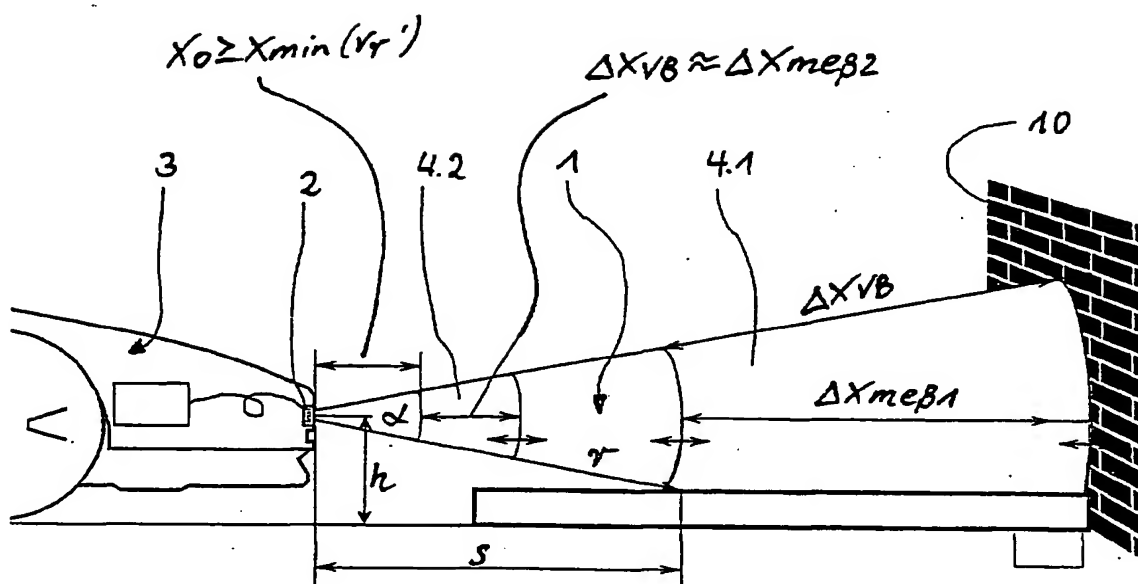


Fig.3

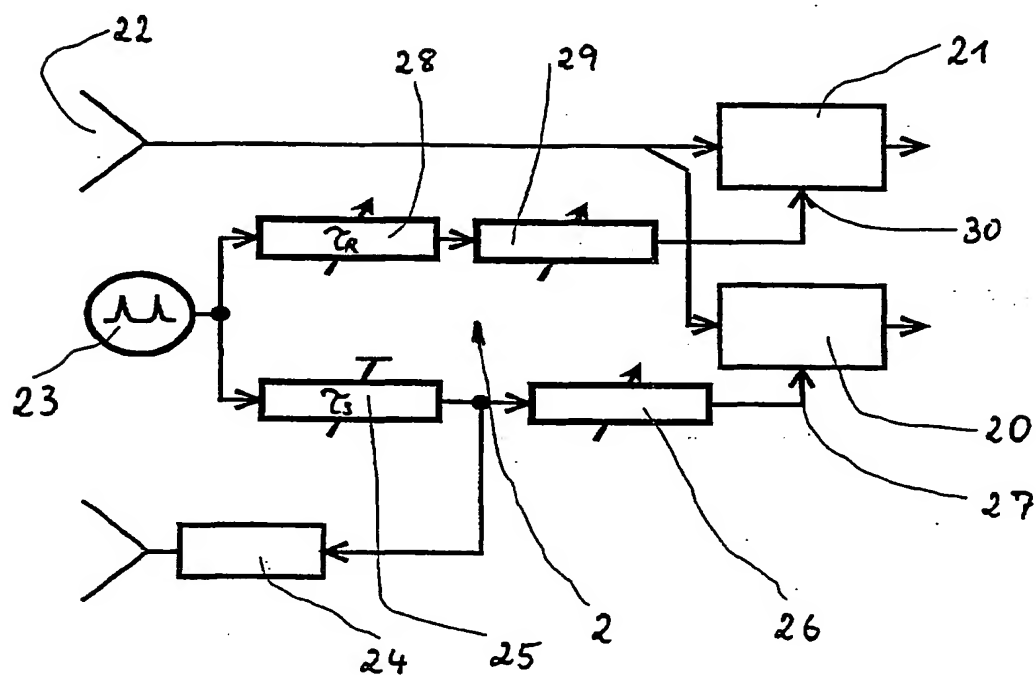


Fig.4